



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 7月 7日

出願番号

Application Number:

特願2000-207576

出願人

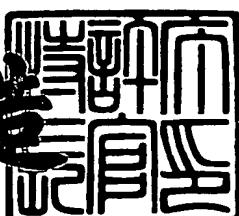
Applicant(s):

日亜化学工業株式会社

2001年 6月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3059273

【書類名】 特許願  
【整理番号】 P00SR32  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01S 5/00  
【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業  
株式会社内

【氏名】 小崎 徳也

【特許出願人】

【識別番号】 000226057

【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

【代表者】 小川 英治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010526

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】窒化物半導体素子

【特許請求の範囲】

【請求項1】p型窒化物半導体層と、n型窒化物半導体層とで、Inを含む窒化物半導体からなる井戸層と窒化物半導体からなる障壁層を有する量子井戸構造の活性層を、挟む構造を有する窒化物半導体素子において、

前記活性層が前記障壁層として、前記井戸層を中心として、前記活性層中で最も外側で、p型窒化物半導体層側に位置する第1の障壁層と、該第1の障壁層とは井戸層を介して離間した第2の障壁層とを有すると共に、

該第2の障壁層がn型不純物を有し、第1の障壁層がp型不純物を有する、若しくは第1の障壁層成長時にアンドープで成長させたものである、ことを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項2】前記活性層が、n型窒化物半導体層、活性層、p型窒化物半導体層、を積層した構造であることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体素子。

【請求項3】前記p型窒化物半導体層として、Alを含む窒化物半導体層を有することを特徴とする請求項1又は2記載の窒化物半導体素子。

【請求項4】前記n型窒化物半導体層が、Alを含む窒化物半導体を有するn型クラッド層を有し、前記p型窒化物半導体層がAlを含む窒化物半導体を有するp型クラッド層を有することを特徴とする請求項1又は2記載の窒化物半導体素子。

【請求項5】前記p型クラッド層と活性層との間に、p型クラッド層と異なるAl混晶比のAlを含む窒化物半導体からなる第1のp型窒化物半導体層を有することを特徴とする請求項4記載の窒化物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、発光ダイオード素子(LED)、レーザダイオード素子(LD)等の発光素子、太陽電池、光センサ等の受光素子、あるいはトランジスタ、パワー

デバイス等の電子デバイスに用いられる窒化物半導体 ( $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ 、  $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$ ) を用いた窒化物半導体素子に関し、特に  $In$  を含む窒化物半導体層を有する窒化物半導体素子に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

今日、窒化物半導体を用いた半導体レーザは、DVDなど、大容量・高密度の情報記録・再生が可能な光ディスクシステムへの利用に対する要求が高まりを見せており。このため、窒化物半導体を用いた半導体レーザ素子は、研究が盛んになされている。また、窒化物半導体を用いた半導体レーザ素子は、紫外域から赤色に至るまで、幅広く可視光域での発振が可能と考えられ、その応用範囲は、上記光ディスクシステムの光源にとどまらず、レーザプリンタ、光ネットワークなどの光源など、多岐にわたるものと期待されている。また、本出願人は、405 nm、室温、5 mWの連続発振の条件で、1万時間を超えるレーザを発表した。

## 【0003】

また、窒化物半導体を用いた発光素子、受光素子などには、 $In$  を含む窒化物半導体を用いて活性層とした構造を有しており、活性層におけるより優れた活性領域の形成が、素子特性の向上において重要なとなる。

従来、窒化物半導体素子の活性層として、n型不純物などをドープしたn型の窒化物半導体が一般的に用いられ、特に量子井戸構造である場合には、n型不純物がドープされた窒化物半導体、n型窒化物半導体が井戸層、障壁層に用いられてきた。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

窒化物半導体を用いた素子として、発光素子では、その用途を多くの分野に広めるためには、さらなる素子特性、特に素子寿命の向上を成し遂げなければならない。

## 【0005】

窒化物半導体を用いたレーザ素子としては、上述した高密度光ディスクシステムの読み取り・書き込み光源などへの利用、若しくはさらなる応用のためには、

さらなる素子寿命の向上が必須の課題である。

## 【0006】

従来、問題となっている窒化物半導体を用いた素子における脆弱な静電耐圧特性は、その製造上の取り扱い、応用製品への組み込み時の取り扱いにおいて、破壊される危険性が高く、極めて重要な課題の一つである。

## 【0007】

## 【課題を解決するための手段】

本発明者は、上記事情に鑑み、ストライプ形状の半導体レーザ素子であっても、その発振・導波に優れた共振器を有する半導体レーザ素子でありながら、安定した横モード制御、F. F. P. に優れたレーザ光を得ることができ、且つ量産時においても、素子ばらつきの少ないレーザ素子、及びその製造方法をを発明するに至ったものである。

## 【0008】

すなわち本発明の半導体レーザ素子は、下記(1)～(5)の構成により本発明の目的を達成することができる。

(1) p型窒化物半導体層と、n型窒化物半導体層とで、Inを含む窒化物半導体からなる井戸層と窒化物半導体からなる障壁層を有する量子井戸構造の活性層を、挟む構造を有する窒化物半導体素子において、

前記活性層が前記障壁層として、前記井戸層を中心として、前記活性層中で最も外側で、p型窒化物半導体層側に位置する第1の障壁層と、該第1の障壁層とは井戸層を介して離間した第2の障壁層とを有すると共に、

該第2の障壁層がn型不純物を有し、第1の障壁層がp型不純物を有する、若しくは第1の障壁層成長時にアンドープで成長させたものである、ことを特徴とする窒化物半導体素子。この構成により、量子井戸構造の活性層において、少なくともn型不純物を有する障壁層(第2の障壁層)と、活性層中の最もp型層側に位置する障壁層(第1の障壁層)とを有することで、素子寿命、静電耐圧特性が向上する。これは、活性層中の障壁層において、p型層側に配置された障壁層(第1の障壁層)が、p型不純物を有することで、多くのホールを有することができ、上記特性の向上に寄与するものと考えられる。また、キャリアのライフタイ

ムの長くなる傾向も観られ、このこと寄与しているのではないかと考えられる。

また、第1の障壁層をアンドープで成長させることで、n型不純物を有する場合に比べて、前記特性の向上が観られる。加えて、素子構造によつては、第1の障壁層に近接するp型窒化物半導体層中のp型不純物が拡散されることで、アンドープで成長させても、p型不純物を有する障壁層となるものもある。

#### 【0009】

これらは、従来、n型不純物をドープした障壁層をp型層側に配置したことと、p型層からのp型不純物の拡散が少なからず発生し、このことで、n型不純物とp型不純物とを含有する障壁層が設けられることとなり、結果として、キャリアの移動度を低下させる原因となる。本発明では、このことを解決できているため、特性の向上につながったとも考えられる。

#### 【0010】

この時、好ましくは、最もp型層側に配置された活性層中の障壁層が、第1の障壁層とし、その他の障壁層、若しくは井戸層にいずれかにn型不純物を含有させることで、上述した素子寿命、静電耐圧特性の向上が効果的に得られる。

(2) 前記活性層が、n型窒化物半導体層、活性層、p型窒化物半導体層、を積層した構造であることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体素子。

(3) 前記p型窒化物半導体層として、A1を含む窒化物半導体層を有することを特徴とする請求項1又は2記載の窒化物半導体素子。

(4) 前記n型窒化物半導体層が、A1を含む窒化物半導体を有するn型クラッド層を有し、前記p型窒化物半導体層がA1を含む窒化物半導体を有するp型クラッド層を有することを特徴とする請求項1又は2記載の窒化物半導体素子。この構成は、例えば実施例に示すレーザ素子において用いられる構造であり、上記特性の向上したレーザ素子が得られる。

(5) 前記p型クラッド層と活性層との間に、p型クラッド層と異なるA1混晶比のA1を含む窒化物半導体からなる第1のp型窒化物半導体層を有することを特徴とする請求項4記載の窒化物半導体素子。これは、例えば、実施例に示すレーザ素子において、第1のp型窒化物半導体層は、p型電子閉込め層として用いられ、p型電子閉込め層は、キャリアの閉込めとして機能し、発振しきい値の低

減に寄与するものとなる。

【001.1】

本発明の窒化物半導体素子に用いるn型不純物としては、Si、Ge、Sn、S、O等が挙げられ、好ましくはSi、Snである。また、p型不純物としては、特に限定されないが、Be、Zn、Mn、Cr、Mg、Caなどが挙げられ、好ましくはMgが用いられる。

【001.2】

ここでアンドープとは、窒化物半導体成長時に、ドーパントとなるp型不純物、n型不純物などを添加しない状態で成長させるものであり、例えば有機金属気相成長法において反応容器内に前記ドーパントとなる不純物を供給しない状態で成長させるものである。

【001.3】

【発明の実施の形態】

本発明の窒化物半導体素子に用いる窒化物半導体としては、GaN、AlN、もしくはInN、又はこれらの混晶である窒化ガリウム系化合物半導体 (In<sub>b</sub>Al<sub>c</sub>Ga<sub>1-b-c</sub>N, 0≤b, 0≤c, b+c<1) がある。その他に前記窒化ガリウム系化合物半導体の一部を、B、Pで置換した、混晶でもよい。

【001.4】

【実施例1】

以下、実施例として、図8に示すようなレーザ素子構造の窒化物半導体を用いたレーザ素子について、説明する。

【001.5】

ここで、本実施例では、GaN基板を用いているが、基板として窒化物半導体と異なる異種基板を用いても良い。異種基板としては、例えば、C面、R面、及びA面のいずれかを正面とするサファイア、スピネル (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) のような絶縁性基板、SiC (6H、4H、3Cを含む)、ZnS、ZnO、GaAs、Si、及び窒化物半導体と格子整合する酸化物基板等、窒化物半導体を成長させることができが可能で従来から知られており、窒化物半導体と異なる基板材料を用いることができる。好ましい異種基板としては、サファイア、スピネルが挙げられる。

また、異種基板は、オフアングルしていてもよく、この場合ステップ状にオフアングルしたものを用いると窒化ガリウムからなる下地層の成長が結晶性よく成長させるため好ましい。更に、異種基板を用いる場合には、異種基板上に素子構造形成前の下地層となる窒化物半導体を成長させた後、異種基板を研磨などの方法により除去して、窒化物半導体の単体基板として素子構造を形成してもよく、また、素子構造形成後に、異種基板を除去する方法でも良い。

## 【0016】

異種基板を用いる場合には、バッファ層（低温成長層）、窒化物半導体（好ましくはGaN）からなる下地層を介して、素子構造を形成すること、窒化物半導体の成長が良好なものとなる。また、異種基板上に設ける下地層（成長基板）として、その他に、ELOG(Epitaxially Laterally Overgrowth)成長させた窒化物半導体を用いると結晶性が良好な成長基板が得られる。ELOG成長層の具体例としては、異種基板上に、窒化物半導体層を成長させ、その表面に窒化物半導体の成長が困難な保護膜を設けるなどして形成したマスク領域と、窒化物半導体を成長させる非マスク領域を、ストライプ状に設け、その非マスク領域から窒化物半導体を成長させることで、膜厚方向への成長に加えて、横方向への成長が成されることにより、マスク領域にも窒化物半導体が成長して成膜された層などがある。その他の形態では、異種基板上に成長させた窒化物半導体層に開口部を設け、その開口部側面から横方向への成長がなされて、成膜される層でもよい。

## 【0017】

(基板101) 基板として、異種基板に成長させた窒化物半導体、本実施例ではGaN、を厚膜( $1.00\mu\text{m}$ )で成長させた後、異種基板を除去して、 $80\mu\text{m}$ のGaNからなる窒化物半導体基板を用いる。基板の詳しい形成方法は、以下の通りである。2インチΦ、C面を正面とするサファイアよりなる異種基板をMOVPE反応容器内にセットし、温度を $500^{\circ}\text{C}$ にして、トリメチルガリウム(TMG)、アンモニア( $\text{NH}_3$ )を用い、GaNよりなるバッファ層を $200\text{\AA}$ の膜厚で成長させ、その後、温度を上げて、アンドープのGaNを $1.5\mu\text{m}$ の膜厚で成長させて、下地層とする。次に、下地層表面にストライプ状のマスクを

複数形成して、マスク開口部（窓部）から窒化物半導体、本実施例ではGaNを選択成長させて、横方向の成長を伴った成長（ELOG）により成膜された窒化物半導体層を、さらに厚膜で成長させて、異種基板、バッファ層、下地層を除去して、窒化物半導体基板を得る。この時、選択成長時のマスクは、 $SiO_2$ からなり、マスク幅 $15\mu m$ 、開口部（窓部）幅 $5\mu m$ とする。

## 【0018】

（バッファ層102） 窒化物半導体基板の上に、バッファ層成長後、温度を $1050^{\circ}C$ にして、TMG（トリメチルガリウム）、TMA（トリメチルアルミニウム）、アンモニアを用い、 $Al_{0.05}GaN_{0.95}$ よりなるバッファ層102を $4\mu m$ の膜厚で成長させる。この層は、AlGaNのn型コンタクト層と、GaNからなる窒化物半導体基板との間で、バッファ層として機能する。次に、窒化物半導体からなる下地層の上に、素子構造となる各層を積層する。

## 【0019】

## （n型コンタクト層103）

次に得られたバッファ層102上にTMG、TMA、アンモニア、不純物ガスとしてシランガスを用い、 $1050^{\circ}C$ でSiドープした $Al_{0.05}GaN_{0.95}$ よりなるn型コンタクト層103を $4\mu m$ の膜厚で成長させる。

（クラック防止層104） 次に、TMG、TMI（トリメチルインジウム）、アンモニアを用い、温度を $800^{\circ}C$ にして $In_{0.06}GaN_{0.94}$ よりなるクラック防止層104を $0.15\mu m$ の膜厚で成長させる。なお、このクラック防止層は省略可能である。

## 【0020】

（n型クラッド層105） 次に、温度を $1050^{\circ}C$ にして、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、アンドープの $Al_{0.05}GaN_{0.95}$ よりなるA層を $25\text{ \AA}$ の膜厚で成長させ、続いて、TMAを止め、不純物ガスとしてシランガスを用い、Siを $5 \times 10^{18}/cm^3$ ドープしたGaNよりなるB層を $25\text{ \AA}$ の膜厚で成長させる。そして、この操作をそれぞれ200回繰り返してA層とB層の積層し、総膜厚 $1\mu m$ の多層膜（超格子構造）よりなるn型クラッド層106を成長させる。この時、アンドープAlGaNのAl混晶比としては、0.0

5以上0.3以下の範囲であれば、十分にクラッド層として機能する屈折率差を設けることができる。

## 【0021】

(n型光ガイド層106) 次に、同様の温度で、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、アンドープのGaNよりなるn型光ガイド層106を0.15μmの膜厚で成長させる。また、n型不純物をドープしてもよい。

(活性層107) 次に、温度を800℃にして、原料ガスにTMI(トリメチルインジウム)、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてシランガスを用い、Siを5×1018/cm<sup>3</sup>ドープしたIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nよりなる障壁層(B)を140Åの膜厚で、シランガスを止め、アンドープのIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなる井戸層(W)を40Åの膜厚で、この障壁層(B)、井戸層(W)を、(B)／(W)／(B)／(W)の順に積層する。最後に障壁層として、原料ガスにTMI(トリメチルインジウム)、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nを成長させる。活性層107は、総膜厚約500Åの多重量子井戸構造(MQW)となる。

## 【0022】

(p型電子閉込め層108) 次に、同様の温度で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてCp2Mg(シクロペンタジエニルマグネシウム)を用い、Mgを1×1019/cm<sup>3</sup>ドープしたAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなるp型電子閉込層108を100Åの膜厚で成長させる。この層は、特に設けられていなくても良いが、設けることで電子閉込めとして機能し、閾値の低下に寄与するものとなる。

## 【0023】

(p型光ガイド層109) 次に、温度を1050℃にして、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、アンドープのGaNよりなるp型光ガイド層109を0.15μmの膜厚で成長させる。

## 【0024】

このp型光ガイド層109は、アンドープとして成長させるが、p型電子閉込め層108、p型クラッド層109等の隣接層からのMgの拡散により、Mg濃

度が  $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$  となり p 型を示す。またこの層は成長時に意図的に Mg をドープしても良い。

## 【0025】

(p 型クラッド層 110) 続いて、1050°Cでアンドープ  $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$  よりなる層を 25 Å の膜厚で成長させ、続いて TMA を止め、 $\text{CP}_2\text{Mg}$  を用いて、Mg ドープ GaN よりなる層を 25 Å の膜厚で成長させ、それを 90 回繰り返して総膜厚  $0.45 \mu\text{m}$  の超格子層よりなる p 型クラッド層 110 を成長させる。p 型クラッド層は少なくとも一方が Al を含む窒化物半導体層を含み、互いにバンドギャップエネルギーが異なる窒化物半導体層を積層した超格子で作製した場合、不純物はいずれか一方の層に多くドープして、いわゆる変調ドープを行うと結晶性が良くなる傾向にあるが、両方に同じようにドープしても良い。クラッド層 110 は、Al を含む窒化物半導体層、好ましくは  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x < 1$ ) を含む超格子構造とすることが望ましく、さらに好ましくは GaN と AlGaN を積層した超格子構造とする。p 側クラッド層 110 を超格子構造とすることによって、クラッド層全体の Al 混晶比を上げることができるので、クラッド層自体の屈折率が小さくなり、さらにバンドギャップエネルギーが大きくなるので、閾値を低下させる上で非常に有効である。さらに、超格子としたことにより、クラッド層自体に発生するピットが超格子にしないものよりも少なくなるので、ショートの発生も低くなる。

## 【0026】

(p 型コンタクト層 111) 最後に、1050°Cで、p 型クラッド層 110 の上に、Mg を  $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  ドープした p 型 GaN よりなる p 型コンタクト層 111 を 150 Å の膜厚で成長させる。p 型コンタクト層 111 は p 型の  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$ ) で構成することができ、好ましくは Mg をドープした GaN とすれば、p 電極 120 と最も好ましいオーミック接觸が得られる。コンタクト層 111 は電極を形成する層であるので、 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  以上の高キャリア濃度とすることが望ましい。 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  よりも低いと電極と好ましいオーミックを得るのが難しくなる傾向にある。さらにコンタクト層の組成を GaN とすると、電極材料と好ましいオーミックが得られやすくな

る。反応終了後、反応容器内において、ウエハを窒素雰囲気中、700°Cでアニーリングを行い、p型層を更に低抵抗化する。

## 【0027】

以上のようにして窒化物半導体を成長させ各層を積層した後、ウエハを反応容器から取り出し、最上層のp型コンタクト層の表面にSiO<sub>2</sub>よりなる保護膜を形成して、RIE（反応性イオンエッティング）を用いSiCl<sub>4</sub>ガスによりエッティングし、図1に示すように、n電極を形成すべきn型コンタクト層103の表面を露出させる。このように窒化物半導体を深くエッティングするには保護膜としてSiO<sub>2</sub>が最適である。

## 【0028】

次に上述したストライプ状の導波路領域として、リッジストライプを形成する。まず、最上層のp型コンタクト層（上部コンタクト層）のほぼ全面に、PVD装置により、Si酸化物（主として、SiO<sub>2</sub>）よりなる第1の保護膜161を0.5μmの膜厚で形成した後、第1の保護膜161の上に所定の形状のマスクをかけ、RIE（反応性イオンエッティング）装置により、CF<sub>4</sub>ガスを用い、フォトリソグラフィー技術によりストライプ幅1.6μmの第1の保護膜161とする。この時、リッジストライプの高さ（エッティング深さ）は、p型コンタクト層111、およびp型クラッド層109、p型光ガイド層110の一部をエッティングして、p型光ガイド層109の膜厚が0.1μmとなる深さまでエッティングして、形成する。

## 【0029】

次に、リッジストライプ形成後、第1の保護膜161の上から、Zr酸化物（主としてZrO<sub>2</sub>）よりなる第2の保護膜162を、第1の保護膜161の上と、エッティングにより露出されたp型光ガイド層109の上に0.5μmの膜厚で連続して形成する。

## 【0030】

第2の保護膜162形成後、ウエハを600°Cで熱処理する。このようにSiO<sub>2</sub>以外の材料を第2の保護膜として形成した場合、第2の保護膜成膜後に、300°C以上、好ましくは400°C以上、窒化物半導体の分解温度以下（1200

℃)で熱処理することにより、第2の保護膜が第1の保護膜の溶解材料(フッ酸)に対して溶解しにくくなるため、この工程を加えることがさらに望ましい。

## 【0031】

次に、ウエハをフッ酸に浸漬し、第1の保護膜161をリフトオフ法により除去する。このことにより、p型コンタクト層111の上に設けられていた第1の保護膜161が除去されて、p型コンタクト層が露出される。以上のようにして、図1に示すように、リッジストライプの側面、及びそれに連続する平面(p型光ガイド層109の露出面)に第2の保護膜162が形成される。

## 【0032】

このように、p型コンタクト層112の上に設けられた第1の保護膜161が、除去された後、図1に示すように、その露出したp型コンタクト層111の表面にNi/Auよりなるp電極120を形成する。但し p電極120は100μmのストライプ幅として、図1に示すように、第2の保護膜162の上に渡って形成する。第2の保護膜162形成後、既に露出したn型コンタクト層103の表面にはTi/A1よりなるストライプ状のn電極121をストライプと平行な方向で形成する。

## 【0033】

次に、n電極を形成するためにエッティングして露出した面でp、n電極に、取り出し電極を設けるため所望の領域にマスクし、SiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>よりなる誘電体多層膜164を設けた後、p、n電極上にNi-Ti-Au(1000Å-1000Å-8000Å)よりなる取り出し(パット)電極122、123をそれぞれ設けた。この時、活性層107の幅は、200μmの幅(共振器方向に垂直な方向の幅)であり、共振器面(反射面側)にもSiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>よりなる誘電体多層膜が設けられる。

## 【0034】

以上のようにして、n電極とp電極とを形成した後、ストライプ状の電極に垂直な方向で、窒化物半導体のM面(GaNのM面、(11-00)など)でバー状に分割して、更にバー状のウエハを分割してレーザ素子を得る。この時、共振器長は、650μmである。

## 【0035】

室温においてしきい値  $2.8 \text{ kA/cm}^2$ 、 $5 \sim 30 \text{ mW}$  の出力において発振波長  $405 \text{ nm}$  の連続発振のレーザ素子が得られる。得られるレーザ素子の素子寿命は、比較例1に比べて、 $60^\circ\text{C}$ 、 $5 \text{ mW}$  の連続発振において、2~3倍に相当する  $2000 \sim 3000$  時間の素子寿命が得られる。このような素子寿命の特性向上は、比較例に比して、2~3倍という飛躍的な向上を示すものであり、室温において、10万時間をもとらえることが可能な領域に達するものとなりうる。また、静電耐圧特性においては、比較例1に比べて、逆方向静電耐圧  $100 \text{ pF}$ 、 $0 \Omega$ 、 $50 \text{ V}$  の条件において、検査をしたところ、そのほとんどが破壊されず、更に電圧を上げて  $100 \text{ V}$  で検査においても、破壊されないものが得られ、比較例1に比べておよそ2倍の静電耐圧特性の向上が観られる。

## 【0036】

## [実施例2]

実施例1において、活性層中の障壁層の内、活性層とp型電子閉込め層との界面に位置する障壁層（最後に積層した障壁層、最もp側に位置する障壁層）を、Mgを  $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  ドープして、形成する他は、同様にしてレーザ素子を得る。得られるレーザ素子は、実施例1に比べて、前記最後の障壁層により多くのMgがドープされたものとなる。また、その特性は、素子寿命、静電耐圧特性において、ほぼ同等なものが得られる。

## 【0037】

## [比較例1]

実施例1において、活性層中の障壁層を全て、Siドープとする他は、同様にしてレーザ素子を得る。得られるレーザ素子は、 $60^\circ\text{C}$ 、 $5 \text{ mW}$ 出力での連続発振において、 $1000$  時間の素子寿命となる。これは、室温において1万時間の連続発振が可能なレーザ素子となる。また、得られるレーザ素子の静電耐圧特性について、評価したところ、レーザ素子のほとんどが、逆方向静電耐圧  $100 \text{ pF}$ 、 $0 \Omega$ 、 $50 \text{ V}$  の条件において、破壊されるものとなる。

## 【0038】

得られるレーザ素子について、そのいくつかを無作為に抜き取り検査したとこ

ろ、S I M S (二次イオン質量分析法) などにより分析したところ、活性層中の障壁層の内、p型電子閉込め層との界面に位置する障壁層（最後に積層した障壁層）に、Mgが検出されるものがある。従って、得られるレーザ素子の一部、若しくは全部において、前記障壁層（最もp側に位置する障壁層）に、SiとMgがドープされた状態を有するものとなり、このことが、実施例1、2で得られるレーザ素子の特性と異ならしめている原因と考えられる。

## 【0039】

## 【発明の効果】

本発明の窒化物半導体素子は、ライフ特性（素子寿命）に優れ、また、従来問題とされてきた窒化物半導体を用いた素子における脆弱な静電耐圧特性、特に逆方向の静電耐圧特性を大幅に向上したものとなる。また、本発明の窒化物半導体素子で、レーザ素子とした場合においても、同様な特性の向上が得られる。またレーザ素子において、変調特性（応答速度）においても、向上が観られる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を説明する模式断面図。

## 【符号の簡単な説明】

- 101 … 基板 (GaN基板)
- 102 … バッファ層
- 103 … n型コンタクト層
- 104 … クラック防止層
- 105 … n型クラッド層
- 106 … n型光ガイド層
- 107 … 活性層
- 108 … p型電子閉込め層
- 109 … p型光ガイド層
- 110 … p型クラッド層
- 111 … p型コンタクト層
- 120 … p電極
- 121 … n電極

122・・・pパッド電極

123・・・nパッド電極

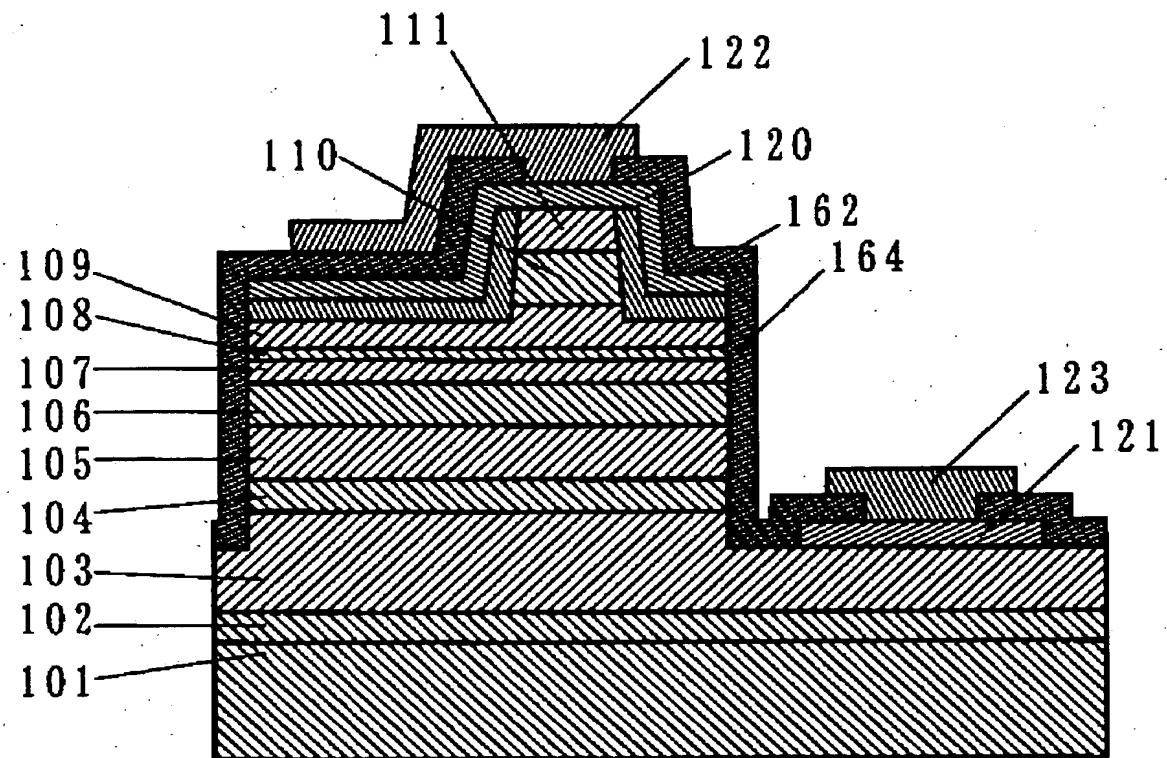
163・・・第3の保護膜

164・・・絶縁膜

【書類名】

図面

【図1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来、窒化物半導体素子中の量子井戸構造の活性層として、n型窒化物半導体、n型不純物を含有した窒化物半導体などが用いられてきたが、さらなる活性層の特性向上が必要であった。また、窒化物半導体素子は、素子寿命、静電耐圧の特性のさらなる向上が必要である。

【解決手段】 本発明は、p型窒化物半導体層、n型窒化物半導体層に挟まる活性層として、n型不純物を有する障壁層1と、Inを含む窒化物半導体からなる井戸層と、p型不純物を有する、若しくはアンドープで成長させた障壁層2とを少なくとも有し、該障壁層2をp型層側に最も近い障壁層として配置することで、活性層への好適なキャリアの注入が可能となる。

【選択図】 図1

特2000-207576

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-207576
受付番号	50000860802
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成12年 7月10日

＜認定情報・付加情報＞

【提出日】 平成12年 7月 7日

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000226057]

1. 変更年月日 1990年 8月18日

[変更理由] 新規登録

住 所 徳島県阿南市上中町岡491番地100  
氏 名 日亜化学工業株式会社